

REGISTRAZIONE

Mod. C.E. 1-4-7

PCT/IB 03/05115

24.12.03

Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2

RECEIVED

16 JAN 2004

WIPO PCT

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:

N.

MI2002 A 002329

Invenzione Industriale



Si dichiara che l'unità copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accusato processo verbale di deposito.

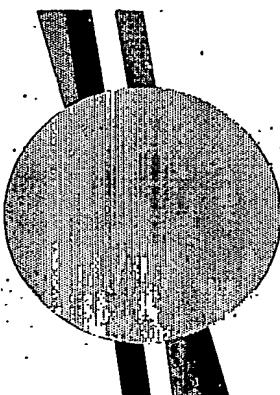
PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Roma, il

26 NOV. 2003

per IL DIRIGENTE

Paola Giuliano
Dr.ssa Paola Giuliano



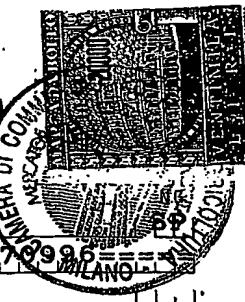
BEST AVAILABLE COPY

AL MINISTERO DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

MODULO A



A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione Marconi Communications S.p.A.Residenza Genovacodice 01168776996

2) Denominazione _____

Residenza _____

codice _____

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

FARAGGIANA Vittorio ed altri

cognome nome

cod. fiscale _____

denominazione studio di appartenenza

Ingg. Guzzi e Ravizza s.r.l.via V. Monti n. 8 città MILANOcap 20123 (prov) MI

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via _____

n. _____

città _____

cap _____ (prov) _____

D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/scl) gruppo/sottogruppo / "SISTEMA OTTICO"ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI NO SE Istanza: DATA / / Nº PROTOCOLLO / /

cognome nome

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

1) FELLA Paolo

3) _____

2) MURO Di

4) _____

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione _____

tipo di priorità _____

numero di domanda _____

data di deposito _____

allegato
S/R

SCIOLGIMENTO RISERVE

Data / / N° Protocollo / /

1) _____

2) _____

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE, DESCRIZIONE E RIVENDICAZIONE

NUMERO DOMANDA MI2002A 002329

REG. A

DATA DI DEPOSITO 31/10/02

NUMERO BREVETTO

DATA DI RILASCIO

11/11/1111

B. TITOLO

"SISTEMA OTTICO"

L. RIASSUNTO

Mezzi ed un metodo per controllare il guadagno di un amplificatore ottico che riceve uno o più canali di segnali ottici d'ingresso hanno una sorgente per generare un segnale di controllo del guadagno immesso nell'amplificatore ottico nell'estremità opposta ai canali di segnali d'ingresso. Il segnale di controllo del guadagno è generato ad un livello di potenza che genera la dispersione di Brillouin stimolata (SBS) nell'amplificatore ottico.

M. DISEGNO

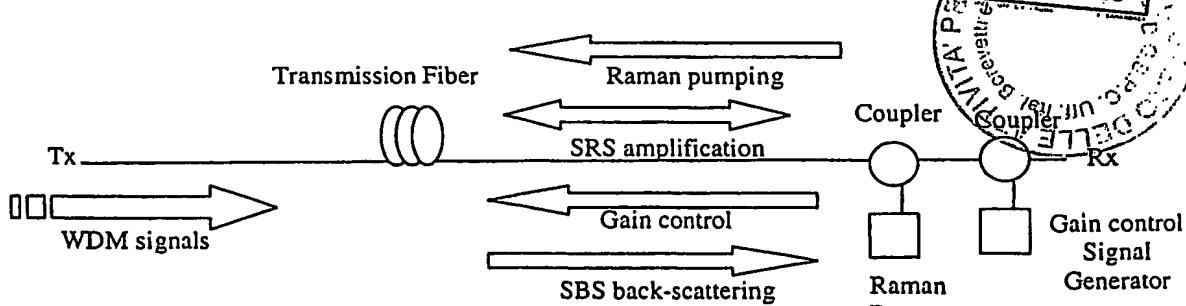


Fig. 3



- 2 -

Titolo: "Sistema ottico"

A nome: Marconi Communications S.p.A.

con sede a: Genova / ITALIA

** * * *

MI 2002A 002329

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce al campo dei sistemi ottici in generale e, in particolare, a mezzi per controllare il guadagno degli amplificatori ottici.

Diversi tipi di amplificatore ottico sono stati proposti per superare l'effetto dell'attenuazione dei segnali nei percorsi di trasmissione ottica, in particolare nelle fibre. Questi tipi di amplificatori includono l'amplificatore di fibre drogata con erbio (EDFA), l'amplificatore di fibre di silice drogata con tulio (TDSFA), l'amplificatore di biossido di tellurio drogato con tulio (TDTFA), l'amplificatore di Raman concentrato e l'amplificatore RA distribuito.

Il guadagno di Raman in una rete ottica è un mezzo molto importante per compensare l'attenuazione dei segnali o la perdita nella fibra di trasmissione usando la dispersione di Raman stimolata (SRS). Gli amplificatori RA e EDFA concentrati differiscono dal tipo RA distribuito in quanto essi si comportano come i mezzi di amplificazione in una breve lunghezza di fibra drogata in modo speciale con caratteristiche meccaniche ed ottiche adattate. I tipi RA distribuiti hanno invece la fibra di trasmissione normale come il mezzo di amplificazione. Esso differisce dal tipo RA e EDFA concentrato in quanto il mezzo di amplificazione (la fibra) non è disposto entro uno spazio ridotto ma può estendersi per centinaia di chilometri di fi-

bra che realizza la fibra di trasmissione della società. Gli amplificatori RA e EDFA concentrati possono essere considerati come adatti per l'amplificazione ottica in un punto singolo della rete, mentre l'amplificatore RA distribuito fornisce l'amplificazione ottica lungo la maggior parte della fibra di trasmissione.

Come illustrato in Figura 6 il guadagno dell'amplificatore di Raman dipende dalla pompa e/o dalle variazioni di potenza del segnale mentre l'andamento di guadagno spettrale è indipendente dalla pompa e/o dalle variazioni di potenza dei segnali. Per una lunghezza d'onda di pompa di Rama fissa, variando la potenza della pompa varierà il guadagno totale ma non il suo andamento spettrale. Con la lunghezza d'onda e il livello della potenza della pompa mantenuti fissi, il guadagno varierà se cambia la potenza ottica rilevata dall'amplificatore. Nelle applicazioni pratiche, il guadagno di un amplificatore ottico varia con la potenza d'ingresso complessiva, generando variazioni indesiderate dei livelli di segnale di uscita. Questa dipendenza è applicata sia negli amplificatori EDFA che in quelli di Raman, come discusso in: "Properties of Fibre Raman Amplifiers and Their Applicability to Digital Optical Communication Systems", Y. Aoki, Journal of Lightwave Technology, vol. 6, no. 7, pagg. 1125-1239; "Er-bium-Doped Fibre Amplifiers, Principles and Applications"; E. Desurvire, Wiley-Interscience, New York, 1994; "Stimulated Raman Scattering", pagg. 125, 134, 428, 430, 534, 543, 549, "Non-linear Fibre Optics"; G.P. Agrawal, Academic Press, S. Diego, 1995; "Fibre Raman Amplifiers", pagg. 351-357.

Il livello di potenza complessivo dei segnali nell'ingresso di un amplifica-

tore ottico possono variare rapidamente, per esempio a causa della commutazione dei segnali, della riconfigurazione del sistema o del guasto in una fibra che è connessa all'amplificatore.

Con riferimento alla Figura 1, è illustrata la tecnica esistente per regolare il guadagno ottico rispetto ai suddetti eventi per gli amplificatori ottici discreti (EFFA, amplificatore di fibre drogate con le terre rare e amplificatori RA concentrati). I canali di segnali ottici (WDM) sono inviati all'amplificatore sul terminale sinistro (Tx) tramite un accoppiatore ed emessi dall'amplificatore tramite un separatore nel terminale destro (Rx). Un segnale di regolazione del guadagno generato localmente è sommato al segnale d'ingresso dell'amplificatore nell'accoppiatore ed estratto dal segnale di uscita nel separatore. L'ingresso di energia totale dell'amplificatore è monitorato usando un separatore nell'ingresso per deviare una piccola porzione del segnale d'ingresso in un fotodiodo (non illustrato in Figura 1). Il livello di energia del segnale di regolazione del guadagno è variato per assicurare che, quando esso viene sommato ai canali del segnale d'ingresso, la potenza d'ingresso totale rilevata dall'amplificatore sia mantenuta sostanzialmente costante.

La Figura 2 illustra un amplificatore RA distribuito convenzionale. L'amplificatore comprende una tratta di fibra (tipicamente fino a poche centinaia di chilometri). I canali del segnale ottico sono inviati nella sinistra nella figura, tipicamente, come illustrato, tramite un amplificatore elevatore EDFA, e attraversano l'amplificatore RA distribuito traendo vantaggio dall'effetto di amplificazione di Raman. L'amplificatore RA distribuito è controllato da un segnale di pompaggio generato da una pom-

pa di Raman e accoppiato nella fibra nell'estremità di uscita (Rx) dello amplificatore RA distribuito. Il segnale di pompaggio di Raman si propaga in direzione inversa rispetto ai canali dei segnali che forniscono la amplificazione tramite la dispersione SRS. Questo effetto di amplificazione è bidirezionale e può amplificare i segnali che si spostano nell'una o nell'altra direzione attraverso la fibra.

Il grado di amplificazione ottica rilevato dai canali del segnale si riduce con l'aumentare della distanza dal terminale di amplificatore (in questo caso Rx) in cui è disposta la pompa di Raman.

Due soluzioni possibili per ottenere un controllo del guadagno verranno ora descritte con riferimento ad un amplificatore RA distribuito:

- 1) iniettare un segnale di controllo del guadagno nell'estremità di trasmissione (ingresso) dell'amplificatore, in modo da propagarlo contemporaneamente ai canali del segnale;
- 2) iniettare un segnale di controllo del guadagno nell'estremità di ricezione (uscita) dell'amplificatore.

Tuttavia i seguenti problemi si presentano in queste soluzioni:

- 1) il segnale di controllo del guadagno che si propaga nella stessa direzione rileverà un'attenuazione ottica mentre si propaga attraverso la fibra di trasmissione, vale a dire se si inserisce il segnale di controllo nell'estremità d'ingresso dell'amplificatore, esso rileverà la stessa attenuazione dei canali dei segnali.

I livelli di potenza dei canali dei segnali sono maggiori dell'ingresso dell'amplificatore, in cui essi sono inseriti e si riducono quando essi attraversano l'amplificatore verso la sua uscita. Que-



sta attenuazione è rilevata nonostante il guadagno fornito dallo amplificatore RA distribuito. La potenza di entrambi i canali (di controllo del guadagno e del segnale) tende a ridursi esponenzialmente lungo il mezzo di trasmissione. Questo significa che la potenza ottica totale complessiva nella fibra dell'amplificatore varierà lungo la lunghezza della fibra e non si manterrà al livello costante desiderato.

2) Un segnale di controllo di guadagno con propagazione inversa inoltre non otterrà l'effetto desiderato in quanto il guadagno dello amplificatore in una certa direzione è determinato dal livello di potenza complessivo dei segnali che si propagano attraverso lo amplificatore ottico in tale direzione. Il livello di potenza di un segnale che si propaga attraverso un amplificatore in una prima direzione non influenzerà il guadagno dell'amplificatore nella direzione opposta.

L'oggetto della presente invenzione è quello di superare i suddetti svantaggi e di fornire mezzi perfezionati per controllare il guadagno in un amplificatore ottico. Questo oggetto viene ottenuto tramite l'uso di un segnale di controllo del guadagno. Idealmente il segnale di controllo dovrebbe essere ad un livello elevato in cui i canali dei segnali sono ad un livello basso e viceversa per ottenere una potenza totale costante in una fibra lungo l'intera lunghezza.

La presente invenzione fornisce mezzi per controllare il guadagno di un amplificatore ottico comprendente una sorgente per generare un segnale di controllo del guadagno, un amplificatore ottico per ricevere uno o più

canali di segnali ottici d'ingresso in una prima estremità e mezzi per inviare il segnale di controllo del guadagno all'amplificatore ottico nell'altra estremità; in cui la sorgente è prevista per generare il segnale di controllo del guadagno ad un livello di potenza che produce la dispersione di Brillouin stimolata (SBS) nel percorso ottico.

La presente invenzione fornisce anche un metodo per controllare il guadagno di un amplificatore ottico comprendente le fasi di introdurre uno o più canali di segnali ottici d'ingresso in una prima estremità dell'amplificatore ottico, di generare un segnale di controllo del guadagno e di inviare il segnale di controllo del guadagno nell'altra estremità dell'amplificatore ottico, nella quale il segnale di controllo del guadagno è generato ad un livello di potenza che genera la dispersione di Brillouin stimolata (SBS) nell'amplificatore ottico.

Le forme di realizzazione dell'invenzione verranno ora descritte a titolo di esempio con riferimento alle figure nelle quali:

- Le Figure 1 e 2 illustrano le disposizioni di amplificatore convenzionale;
- La Figura 3 illustra una disposizione di amplificatore secondo la presente invenzione;
- Le Figure 4 e 5 illustrano la propagazione dei segnali in una fibra; e
- La Figura 6 illustra lo spettro del guadagno per un amplificatore di Raman distribuito tipico.

Secondo la presente invenzione, un segnale di controllo del guadagno è inviato nell'uscita dell'amplificatore e si propaga in direzione contraria ai canali dei segnali. Questo assicura che, vantaggiosamente, il livello di potenza del segnale di controllo del guadagno è maggiore nell'estremità

di uscita della fibra, in cui il segnale viene inserito e in cui il livello di potenza complessivo dei canali dei segnali è minimo. Il livello di potenza del segnale di controllo del guadagno si riduce quando esso passa all'interno lungo la fibra verso l'estremità d'ingresso dell'amplificatore. Questo significa che il livello di potenza del segnale di controllo del guadagno è inferiore nell'estremità d'ingresso della fibra dell'amplificatore, in cui il livello di potenza complessivo dei canali dei segnali è massimo. L'inserzione del segnale di controllo del guadagno nell'estremità di uscita dell'amplificatore tende a compensare l'attenuazione dei canali dei segnali d'ingresso, in tal modo generando la potenza ottica complessiva che è quasi costante in tutta la fibra.

La Figura 3 illustra il controllo del guadagno in un amplificatore RA distribuito secondo la presente invenzione. L'amplificatore RA distribuito di Figura 3 è fondamentalmente simile a quello già descritto con riferimento alla Figura 2. Tuttavia in aggiunta al segnale di pompaggio di Raman normale, un canale di segnale aggiuntivo denominato "segna~~le~~ di controllo del guadagno" è generato localmente ed inserito nella fibra tramite un accoppiatore addizionale nell'uscita dell'amplificatore (Rx). Per evitare l'interferenza con i canali dei segnali, il segnale di controllo del guadagno è generato con una lunghezza d'onda che è circa 10-15 nm maggiore di quella dei canali dei segnali d'ingresso, ma ancora entro l'ampiezza di banda di guadagno dell'amplificatore RA distribuito di modo che esso traggia vantaggio dall'amplificatore RA distribuito, come illustrato in Figura 4.

Il segnale di controllo del guadagno secondo la presente invenzione ope-

ra generando la dispersione di Brillouin stimolata (SBS) nella fibra dello amplificatore RA distribuito. La dispersione SBS è ottenuta regolando il livello di segnale di controllo del guadagno per superare una certa potenza di lancio (la potenza di soglia della dispersione SBS). Come notato sopra, il segnale di dispersione SBS è generato nella direzione opposta a quella del segnale di generazione. In questo caso, il segnale di generazione è il segnale di controllo del guadagno, di modo che la dispersione SBS sia generata nella stessa direzione dei canali dei segnali. Pertanto la dispersione SBS ha l'effetto desiderato di alterare il guadagno ottenuto dai canali dei segnali.

La dispersione SBS riduce la potenza del segnale di controllo del guadagno in un modo distribuito (vale a dire gradualmente quando il segnale di controllo del guadagno si propaga lungo la fibra). La riduzione di dispersione SBS del segnale di controllo del guadagno generato comprende solo una dispersione all'indietro di una parte della potenza del segnale generato.

La dispersione SBS è generata in relazione al livello di potenza del segnale di controllo del guadagno. Per operare in condizioni ottimali il livello di potenza del segnale di controllo del guadagno viene monitorato, per esempio usando un rilevatore a fotodiodi.

Il controllo del guadagno di Raman distribuito verrà ora descritto con riferimento alla Figura 3. La Figura 3 illustra un amplificatore RA distribuito simile a quello illustrato in Figura 2. I canali del segnale ottico (WDM) sono immessi nell'estremità sinistra (x) dell'amplificatore e attraversano l'amplificatore traendo vantaggio dall'effetto di amplificazione di Raman.



L'amplificazione è ottenuta da un segnale di pompaggio generato in una pompa di Raman e accoppiato nella fibra nell'estremità di uscita (Rx) dell'amplificatore. Come nell'amplificatore di Raman di Figura 2, il segnale di pompaggio si propaga in direzione opposta rispetto ai canali dei segnali, fornendo un'amplificazione grazie alla dispersione SRS.

In aggiunta è previsto un generatore di segnali di controllo del guadagno la cui uscita è alimentata nell'uscita RA distribuita tramite un accoppiatore addizionale. Il segnale di controllo del guadagno si propaga attraverso la fibra dell'amplificatore nella direzione opposta ai canali dei segnali e un segnale disperso all'indietro viene generato dalla dispersione SBS nella stessa direzione dei canali dei segnali. Entrambi il segnale di controllo del guadagno e la sua componente di dispersione all'indietro SBS si avvantaggiano dell'amplificazione di Raman con azione bidirezionale nella fibra e, come risultato, sono perfezionati i campi di entrambi il segnale di controllo del guadagno e la sua componente di dispersione inversa SBS attraverso la fibra. Il segnale disperso all'indietro SBS si propaga contemporaneamente ai canali dei segnali, in tal modo fornendo un controllo del guadagno nella direzione dei canali dei segnali compensando le perdite dei canali dei segnali nella fibra dell'amplificatore.

Potenza costante attraverso la fibra

L'amplificatore RA distribuito si estende attraverso una fibra molto lunga e può essere considerato come comprendente un'ampia serie di piccole sezioni di fibra. Ogni sezione della fibra dovrebbe idealmente avere lo stesso livello di potenza. Il livello di potenza in una qualsiasi sezione nella direzione dei canali dei segnali è la somma della potenza dei canali dei

segnali complessivi e della componente dispersa all'indietro SBS della potenza di segnale di controllo del guadagno in tale sezione. La potenza del segnale di controllo del guadagno (e il segnale SBS risultante) si ridurrà lungo la lunghezza della fibra dall'estremità di uscita (Rx) a causa dell'attenuazione, come illustrato in Figura 4. La potenza dei canali dei segnali d'ingresso si ridurrà lungo la lunghezza della fibra dall'estremità d'ingresso (Tx) a causa dell'attenuazione, come illustrato in Figura 5. E' chiaro che esistono condizioni (come una lunghezza di fibra o impurezza della fibra) in cui la variazione della potenza SBS lungo la lunghezza della fibra può compensare quasi esattamente l'attenuazione della potenza dei canali dei segnali lungo la fibra. Se questo è vero, è possibile mantenere una potenza totale costante lungo tutte le sezioni della fibra. Questa condizioni varieranno caso per caso.

In aggiunta per ottenere il livello di potenza costante desiderato, il livello di potenza del segnale di controllo del guadagno (e la sua componente dispersa SBS) devono essere previsti variabili in modo da compensare le variazioni della potenza complessiva dei canali dei segnali immessi nell'amplificatore. Questo viene ottenuto variando la potenza di lancio del segnale di controllo del guadagno per fornire una corrispondente variazione della controparte dispersa SBS. Questo richiede il monitoraggio dei canali dei segnali d'ingresso, come descritto di seguito.

La potenza di lancio del segnale di controllo del guadagno dipenderà dal numero e dalla potenza dei canali dei segnali d'ingresso. La selezione della potenza del segnale di controllo del guadagno può essere fornita convenientemente da una funzione del controllore. Questo può essere,

per esempio, fornito in modo conveniente tramite un microprocessore integrato in un modulo che include l'amplificatore e che termina in una sua estremità.

La funzione del controllore misura l'uscita di potenza dell'amplificatore e monitorizza il livello del segnale di controllo del guadagno. Il controllore è fornito con tabelle di consultazione che registrano il livello di potenza di ciascun canale di segnale d'ingresso e/o gli algoritmi per decidere quale effetto avrà una variazione di un segnale d'ingresso. I livelli di potenza dei canali dei segnali di ingresso dipenderanno da molti fattori, come le caratteristiche di collegamento, il tipo di fibra di trasmissione (per esempio area efficace della fibra, attenuazione, fabbricante). Inoltre i livelli dipenderanno dalla lunghezza della fibra, dalla banda di canali (banda C o L), dalla lunghezza d'onda della pompa di Raman e del guadagno di Raman richiesto per la trasmissione dei segnali. In generale tutte queste informazioni sono raccolte dal progetto del sistema e dai tecnici di modellazione di rete, che le elaborano per regolare tutte le possibili regolazioni del sistema (statica e dinamica) richieste per fornire la trasmissione affidabile in tutte le circostanze prevedibili. Questa elaborazione è eseguita caso per caso. Si dovrebbe notare che le circostanze includono differenti caratteristiche di differenti collegamenti ottici.

Le informazioni sui canali dei segnali d'ingresso sono solitamente fornite alla funzione del controllore tramite canali di supervisione ottica convenzionali per i sistemi ottici WDM, sebbene un qualsiasi segnale di pilotaggio potrebbe essere usato per questo scopo. Queste informazioni possono, in alternativa, essere fornite da un dispositivo di monitoraggio dei ca-

nali ottici che monitorizza in tempo reale il numero di canali di segnali d'ingresso. Facendo affidamento sulle tabelle di consultazione della potenza, è possibile (caso per caso) conoscere quanta potenza è associata a ciascun canale. La funzione del controllore pertanto conosce la potenza d'ingresso rilevata dall'amplificatore corrispondente ai segnali dei canali d'ingresso attuali presenti.

Potenza di lancio del segnale di controllo del guadagno

Come indicato sopra, la potenza di lancio del segnale di controllo del guadagno dovrebbe superare la soglia di potenza di dispersione SBS. Questa potenza di soglia, P^{ma} , può essere calcolata dalla formula seguente:

$$P^{ma} = 21A_e/g_b * L_e (1 + \Delta f_{sorg}/B_{SBS})$$

In cui:

A_e è l'area effettiva della fibra;

$g_b = 4*10^{-11}$ [m/W];

L_e = lunghezza effettiva della fibra;

Δf_{sorg} è l'ampiezza di banda ottica della sorgente di controllo del guadagno; e

B_{SBS} è l'ampiezza di banda d'interazione = 20 MHz.

Il segnale di controllo del guadagno dovrebbe preferibilmente avere un'ampiezza di banda (Δf) simile a quella dei laser DFB convenzionali per rendere il segnale di controllo del guadagno più efficiente e più semplice da generare. Per esempio, potrebbe essere scelta un'ampiezza di banda di segnale di controllo del guadagno di 20 MHz o di 100 MHz. Nell'ultimo caso di 100 MHz, la soglia di dispersione SBS sarà superiore



a quella del caso di 20 MHz, che richiede una potenza maggiore. Per eseguire una valutazione, considerare il seguente raffronto:

sorgente ideale ($\Delta f = 0$) SBS $P^{ma} \sim 1$ mW;

sorgente reale ($\Delta f \sim 100$ MHz) SBS $P^{ma} \sim 10$ mW.

In relazione ad una lunghezza efficace della fibra di trasmissione, la soglia di dispersione SBS può variare (vale a dire essa tende ad aumentare con la lunghezza), come illustrato dalla formula precedente.

Per trarre vantaggio dal guadagno RA distribuito, la lunghezza d'onda del segnale di controllo del guadagno dovrebbe essere mantenuta entro una certa banda d'onda del canale di segnale massimo, per esempio, non superiore di circa 15 nm rispetto al canale di segnale massimo.

Problemi risolti dall'invenzione:

Un amplificatore con controllo del guadagno perfezionato secondo la presente invenzione agisce per stabilizzare il guadagno se prevalgono le condizioni di collegamento WDM statico o dinamico. Inoltre esso fornisce un guadagno costante in un modo affidabile. Il grafico del rumore dello amplificatore verrà perfezionato come un risultato del controllo del guadagno e mostrerà una riduzione significativa per livelli di potenza di segnale bassi. Inoltre i transitori di guadagno verranno ridotti. Per gli amplificatori di Raman, una volta che la potenza dalla pompa è regolata, lo amplificatore non dovrebbe richiedere alcun intervento, manutenzione né regolazione durante la sua durata di esercizio mentre, contemporaneamente, fornisce una prestazione di amplificazione perfezionata.

Le variazioni della potenza del canale di segnale d'ingresso includono un qualsiasi aumento/riduzione del numero di segnali dei canali

(nell'ingresso delle fibra e aggiunti/prelevati localmente lungo la fibra), tagli delle fibre ottiche, invecchiamento delle fibre ottiche, riparazione delle fibre ottiche, aggiunta/prelievo improvvisi dei segnali dei canali, commutazione dei segnali dei canali, smistamento ottico dei segnali dei canali, guasti ottici secondari, malfunzionamento dell'amplificatore ottico, curve delle fibre ottiche, disconnessione accidentale dei connettori delle fibre ottiche, condizioni ambientali e un qualsiasi altro mezzo che varia la potenza dei segnali dei canali.

Questo sarà un grande vantaggio per il sistema e per i progettisti della rete e per i tecnici di installazione, di regolazione e di manutenzione. Per esempio l'aumento del numero di canali di segnali istallati WDM (e pertanto l'aumento della potenza del segnale nell'amplificatore) può essere eseguito senza alcuna regolazione esterna dell'amplificatore.

L'assenza di un qualsiasi transitorio di guadagno in presenza di un guasto di rete (vale a dire improvvisa perdita dei canali dei segnali) rende un amplificatore con controllo del guadagno secondo la presente invenzione molto utile per entrambe le applicazioni WDM presente e futura.

La presente invenzione può essere anche usata per modificare il guadagno di un amplificatore ottico, quando desiderato.

L'invenzione fornisce una soluzione di basso costo che è facile da implementare in quanto essa può essere basata su un amplificatore DFB facilmente disponibile e economico, un laser commerciale, ad una lunghezza d'onda standard per le trasmissioni nelle fibre ottiche, ad una potenza di lancio limitata, assieme ad un accoppiatore ottico economico ampiamente disponibile per inserire il segnale di controllo del guadagno

nel mezzo di trasmissione con una perdita di inserzione trascurabile (~ 0,05-0,1 dB).

L'invenzione non è limitata alle forme di realizzazione descritte sopra a titolo di esempio. La presente invenzione è applicabile agli amplificatori con mezzi di fibre ottiche o altri mezzi ottici drogati con erbio, tulio, fluoro, tellurio, lantanio, alluminio, germanio, praseodimio, bismuto, amplificatori di Raman concentrati e distribuiti e sarà anche applicabile ad altri tipi di amplificatore ottico in cui il guadagno è modificato dal livello del segnale. I droganti possono essere usati singolarmente o in combinazione o miscelati in un modo personalizzato, come per entrambi il tipo e la concentrazione relativa.

L'amplificatore RA distribuito può essere usato da solo o in combinazione con amplificatori EDFA, amplificatori EDFA ibridi e amplificatori RA concentrati, per esempio con un EDFA che agisce come un amplificatore elevatore disposto nell'estremità d'ingresso della fibra di trasmissione e con un amplificatore di Raman disposto nell'estremità di uscita della fibra. La presente invenzione è applicabile agli amplificatori con il pompaggio all'indietro, in avanti o con una combinazione di pompaggio in avanti e all'indietro (contemporanei). La presente invenzione è applicabile agli amplificatori di Raman con il pompaggio in avanti e/o all'indietro del primo e/o del secondo e/o del terzo ordine di pompaggio di Raman tramite un singolo laser o tramite una pluralità di laser di pompaggio per differenti lunghezze d'onda.



RIVENDICAZIONI

1. Mezzi per controllare il guadagno di un amplificatore ottico comprendenti una sorgente per generare un segnale di controllo del guadagno, un amplificatore ottico per ricevere uno o più canali di segnali ottici di ingresso in una prima estremità e mezzi per inviare un segnale di controllo del guadagno all'amplificatore ottico nell'altra estremità; in cui la sorgente è prevista per generare il segnale di controllo del guadagno ad un livello di potenza che genera la dispersione di Brillouin stimolata (SBS) nell'amplificatore ottico.
2. I mezzi secondo la rivendicazione 1, comprendenti mezzi di controllo per identificare una variazione del segnale d'ingresso e per variare il livello di potenza del segnale di controllo del guadagno per compensare la variazione identificata.
3. I mezzi secondo la rivendicazione 2, in cui i mezzi di controllo comprendono mezzi di monitoraggio per monitorare la potenza del segnale d'ingresso e per variare il livello di potenza del segnale di controllo del guadagno per compensare le variazioni della potenza monitorata.
4. I mezzi secondo la rivendicazione 2 o 3, in cui i mezzi di controllo comprendono mezzi per ottenere informazioni sul canale o sui canali di segnali d'ingresso da un canale di supervisione o da un segnale di pilotaggio ottico.
5. I mezzi secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il segnale di controllo del guadagno ricade entro l'ampiezza di banda di guadagno dell'amplificatore ottico.
6. I mezzi secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, inoltre



comprendente mezzi per sorvegliare il livello di potenza del segnale di controllo del guadagno.

7. I mezzi secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui l'amplificatore è un amplificatore di Raman.

8. I mezzi secondo la rivendicazione 7, in cui l'amplificatore è un amplificatore di Raman distribuito.

9. I mezzi secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-6, in cui l'amplificatore è un amplificatore di fibre drogata con le terre rare.

10. Un amplificatore ottico comprendente i mezzi secondo una qualsiasi della rivendicazioni 1-9.

11. Un sistema di comunicazioni ottiche comprendente i mezzi secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-9 o l'amplificatore secondo la rivendicazione 10.

12. Un metodo per controllare il guadagno di un amplificatore ottico comprendente le fasi di introdurre uno o più canali di segnali d'ingresso ottici in una prima estremità dell'amplificatore ottico, di generare un segnale di controllo del guadagno e di introdurre il segnale di controllo del guadagno nell'altra estremità dell'amplificatore ottico, in cui il segnale di controllo del guadagno è generato ad un livello di potenza che produce la dispersione di Brillouin stimolata (SBS) nell'amplificatore ottico.

13. Il metodo secondo la rivendicazione 12, comprendente le fasi di identificare una variazione del segnale d'ingresso e di variare il livello di potenza del segnale di controllo del guadagno per compensare la variazione identificata.

14. Il metodo secondo la rivendicazione 13, comprendente la fase di m-

nitorare la potenza del segnale d'ingresso e di variare la potenza del segnale di controllo del guadagno per compensare una variazione della potenza sorvegliata.

15. Il metodo secondo la rivendicazione 13 o 14, comprendente l'ottenerne le informazioni sui canali dei segnali da un canale di supervisione o da un segnale di pilotaggio ottici.

16. Il metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 12-15, in cui il segnale di controllo del guadagno ricade entro l'ampiezza di banda del guadagno dell'amplificatore ottico.

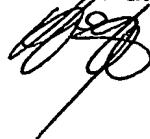
17. Il metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 12-16, inoltre comprendente la fase di monitorare il livello di potenza del segnale di controllo del guadagno.

18. Il metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 12-17, in cui l'amplificatore è un amplificatore di Raman.

19. Il metodo secondo la rivendicazione 18, in cui l'amplificatore è un amplificatore di Raman distribuito.

20. Il metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 12-17, in cui l'amplificatore è un amplificatore di fibre drogata con terre rare.

I mandatari :



DIDASCALIE DELLE FIGURE

Figura 1

- 1) Segnali WDM
- 2) Accoppiatore
- 3) Amplificatore ottico
- 4) Separatore
- 5) Segnale di regolazione del guadagno

Figura 2

- 1) Amplificatore elevatore EDFA
- 2) Fibra di trasmissione
- 3) Amplificazione SRS
- 4) Accoppiatore
- 5) Segnali ottici WDM
- 6) Segnale di pompaggio di Raman
- 7) Pompa di Raman

Figura 3

- 1) Fibra di trasmissione
- 2) Pompaggio di Raman
- 3) Amplificazione SRS
- 4) Accoppiatore
- 5) Accoppiatore
- 6) Segnali ottici WDM
- 7) Controllo del guadagno
- 8) Generatore di segnali di controllo del guadagno
- 9) Dispersione all'indietro SBS

10) Pompa di Raman

Figura 4

- 1) Segnale di controllo del guadagno e potenza dispersa SBS con amplificatore di Raman
- 2) Potenza
- 3) Propagazione
- 4) Estremità Tx
- 5) Distanza
- 6) Estremità Rx
- 7) Segnale di controllo del guadagno e potenza dispersa SBS senza amplificazione di Raman
- 8) Potenza
- 9) Propagazione
- 10) Estremità Tx
- 11) Distanza
- 12) Estremità Rx

Figura 5

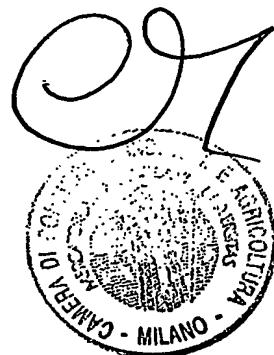
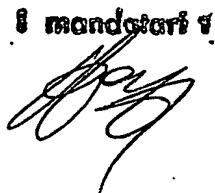
- 1) Potenza dei canali
- 2) Potenza
- 3) Direzione di propagazione
- 4) Distanza
- 5) Segnale di controllo del guadagno e dispersione SBS
- 6) Potenza
- 7) Direzione di propagazione
- 8) Distanza



Figura 6

- 1) Guadagno di Raman
- 2) Guadagno di Raman
- 3) Lunghezze d'onda
- 4) Lunghezze d'onda
- 5) Guadagno di Raman per diversi canali d'ingresso
- 6) Guadagno di Raman per pochi canali d'ingresso

6 mandatemi



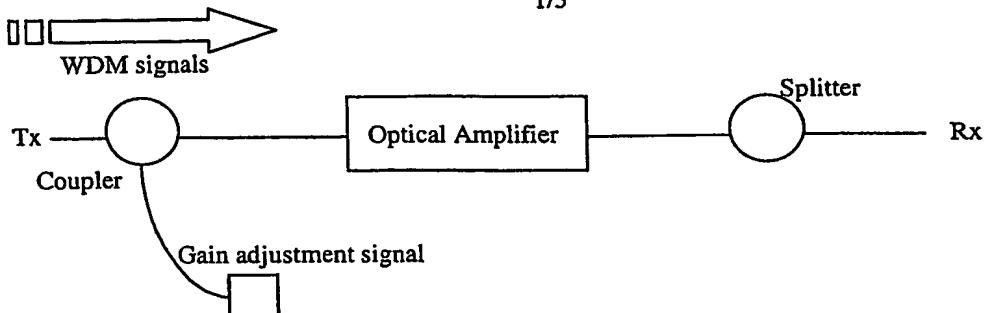


Fig. 1

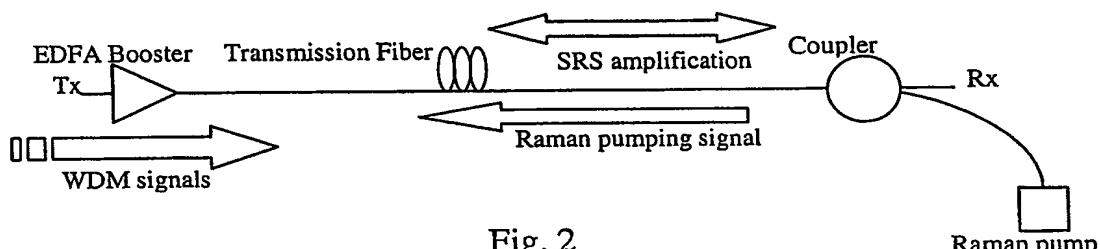


Fig. 2

MI 2002A 002329

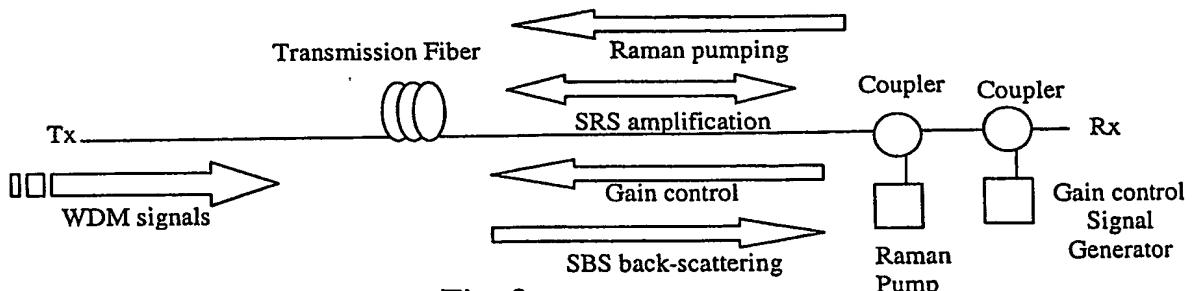
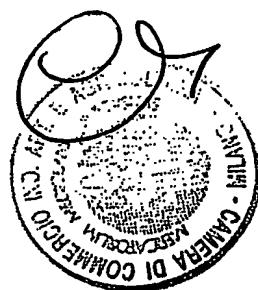
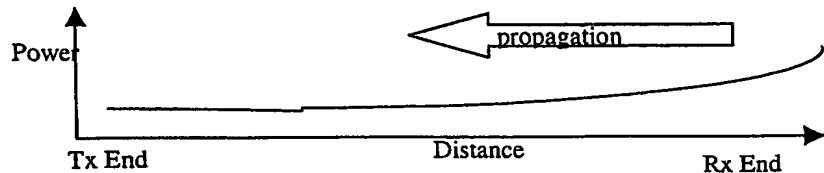


Fig. 3



mandatari

Gain control signal and SBS scattered power with Raman amplification



Gain control signal and SBS scattered power without Raman amplification

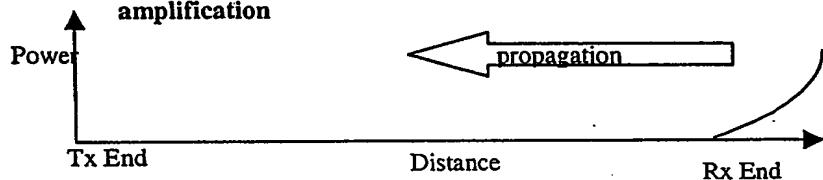


Fig. 4

MI 2002A 002329

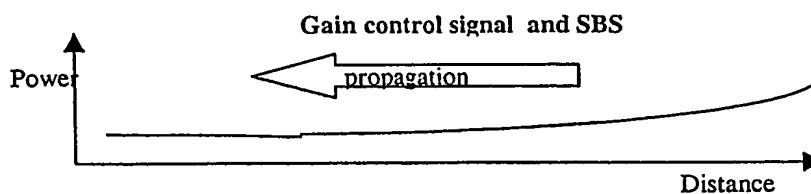
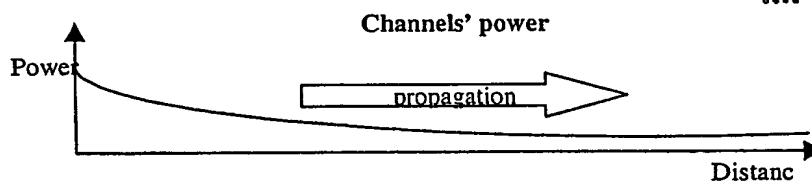
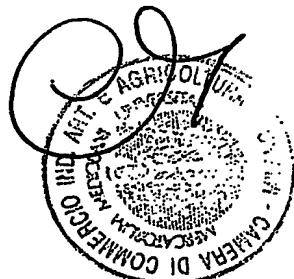


Fig. 5



mandatari
[Signature]

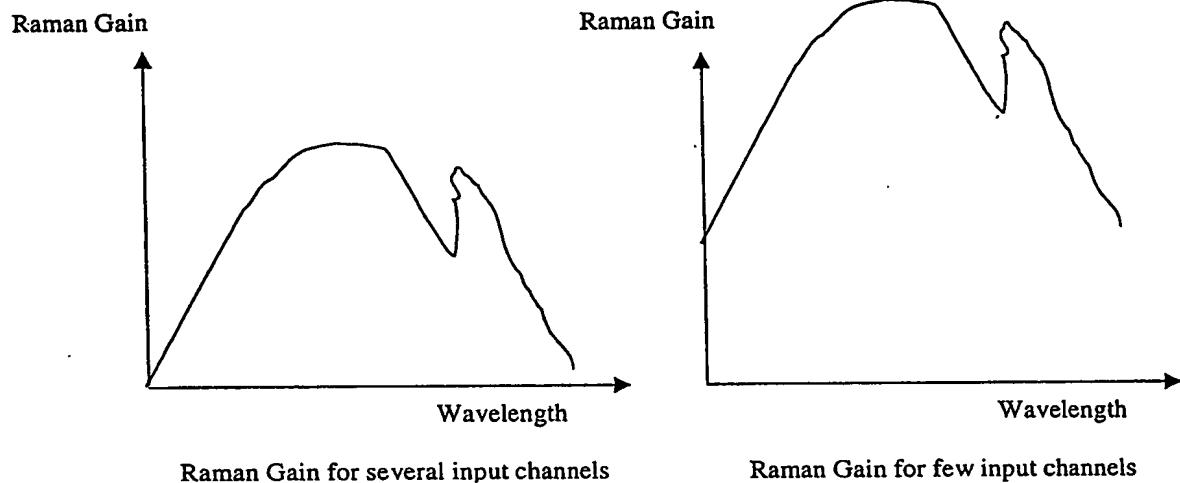
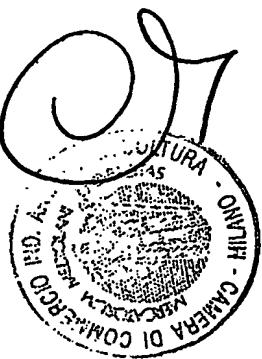


Fig. 6



MI 2002 A 002329

I mandatari

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.